

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-107128

(P2002-107128A)

(43) 公開日 平成14年4月10日 (2002. 4. 10)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 B 11/24

A 4 3 D 1/02

2 F 0 6 5

A 4 3 D 1/02

G 0 1 B 11/24

K 4 F 0 5 0

G 0 1 B 11/25

A

E

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-302385(P2000-302385)

(22) 出願日 平成12年10月2日(2000. 10. 2)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 藤田 日出人

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 蚊野 浩

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 100086391

弁理士 香山 秀幸

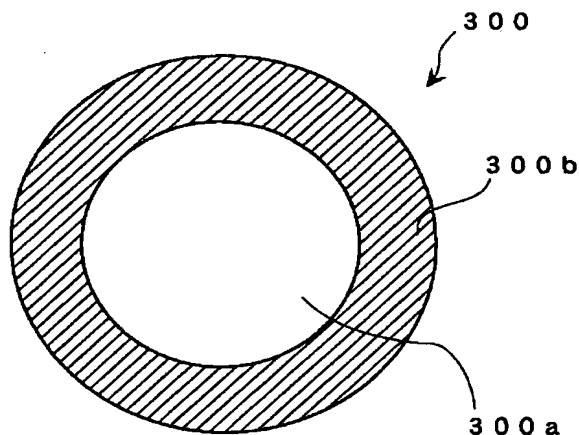
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 形状測定装置

(57) 【要約】

【課題】 この発明は、被測定物の3次元形状を光切断法によって測定した際に、被測定物の特定の部位の位置をも検出することが可能となる部位特定用マーカを提供することを目的とする。

【解決手段】 被測定物に対してスリット光を投影し被測定物に投影されたスリット光を撮像素子で観察することにより被測定物の形状を測定し、測定結果を、撮像素子で観察されたスリット光の輝度に応じて色を変えて曲線で表示するといった形状測定を行なう際に、被測定物の所定の部位の位置を検出する目的で被測定物の所定の部位に貼られる部位特定用マーカにおいて、シート状であり、中央部の外側面にスリット光を反射する色が塗られており、中央部の周囲の外側面にスリット光を吸収する色が塗られている。



【特許請求の範囲】

【請求項１】 被測定物に対してスリット光を投影し被測定物に投影されたスリット光を撮像素子で観察することにより被測定物の形状を測定し、測定結果を、撮像素子で観察されたスリット光の輝度に応じて色を変えて曲線で表示するといった形状測定を行なう際に、被測定物の所定の部位の位置を検出する目的で被測定物の所定の部位に貼られる部位特定用マーカにおいて、シート状であり、中央部の外側面にスリット光を反射する色が塗られており、中央部の周囲の外側面にスリット光を吸収する色が塗られていることを特徴とする部位特定用マーカ。

【請求項２】 中央部の中心位置に孔が形成されていることを特徴とする請求項１に記載の部位特定用マーカ。

【請求項３】 中央部の中心位置に突起が形成されていることを特徴とする請求項１に記載の部位特定用マーカ。

【請求項４】 中央部の中心位置に突起部材が固着されていることを特徴とする請求項１に記載の部位特定用マーカ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】この発明は、被測定物に対してスリット光を投影し被測定物に投影されたスリット光を撮像素子で観察することにより被測定物の形状を測定し、測定結果を、撮像素子で観察されたスリット光の輝度に応じて色を変えて曲線で表示するといった形状測定を行なう際に、被測定物の所定の部位の位置を検出する目的で被測定物の所定の部位に貼られる部位特定用マーカに関する。

【０００２】

【従来の技術】一般に、靴のサイズは通常かかとから指先までの長さで表現されるが、人の足形状は、長さだけでなく、甲の高さ、足の幅など、個人により様々である。一人一人の足の形状に応じた靴を作ろうとする場合、足の３次元形状を測定することが必要となるが、現状では、メジャーを使って足長、足幅、足位（足周り）等の限られた部位の大きさを測定するにとどまっている。

【０００３】一方、被測定物に対してスリット光を投影し被測定物に投影されたスリット光を撮像素子で観察することにより被測定物の形状を測定するといった、光切断法によって、被測定物の３次元形状を測定する形状測定装置が知られている。

【０００４】ところで、足形状に応じた靴を製造する際には、アーチ高、足の甲位置等を測定する必要がある。

【０００５】アーチ高は、たとえば、足が置かれた床面から舟状骨（Navicular）までの高さとして計測される。足の甲位置は、たとえば、足が置かれた床面から第１楔状骨（Cuneiform）までの高さとして計測される。

【０００６】したがって、アーチ高、足の甲位置等を計測するためには、舟状骨、第１楔状骨等の位置を測定する必要がある。しかしながら、舟状骨、第１楔状骨等の位置は、触覚によって認識できるものであるため、足の３次元形状の測定結果からこれらの位置を特定することはできない。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、被測定物の３次元形状を光切断法によって測定した際に、被測定物の特定の部位の位置をも検出することが可能となる部位特定用マーカを提供することを目的とする。

【０００８】

【課題を解決するための手段】この発明による部位特定用マーカは、被測定物に対してスリット光を投影し被測定物に投影されたスリット光を撮像素子で観察することにより被測定物の形状を測定し、測定結果を、撮像素子で観察されたスリット光の輝度に応じて色を変えて曲線で表示するといった形状測定を行なう際に、被測定物の所定の部位の位置を検出する目的で被測定物の所定の部位に貼られる部位特定用マーカにおいて、シート状であり、中央部の外側面にスリット光を反射する色が塗られており、中央部の周囲の外側面にスリット光を吸収する色が塗られていることを特徴とする。なお、「撮像素子で観察されたスリット光の輝度に応じて色を変えて曲線で表示する」における「曲線」は実際は点群によって形成される。

【０００９】部位特定用マーカの中央部の中心位置に孔を形成することが好ましい。あるいは、部位特定用マーカの中央部の中心位置に突起を形成してもよい。あるいは、部位特定用マーカの中央部の中心位置に突起部材を固着してもよい。

【００１０】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施の形態について説明する。

【００１１】〔Ａ〕形状測定装置についての説明

【００１２】〔Ａ－１〕形状測定装置の概略構成の説明

【００１３】図１は、形状測定装置の概略構成を示している。

【００１４】測定台２０１には、長円形状のガイドレール２０４が固定されており、そのガイドレール２０４で囲まれる領域に被測定物としての足１００が載せられている。また、台２０１には、台２０１に対して脱着可能な支柱２０２が取り付けられており、その上部には、水平バー２０３が取り付けられている。

【００１５】形状測定装置は、測定者によってガイドレール２０４上を移動せしめられる測定ヘッド１０と、水平バー２０３の両端部に取り付けられたステレオカメラ２１、２２と、それらの制御、各種演算等を行うパーソナルコンピュータからなる制御装置３０とを備えてい

る。各ステレオカメラ21、22の撮像レンズには、図2に示す測定ヘッドマーカ14が放つ光の周波数帯を選択的に透過するバンドパスフィルタ23が取り付けられている。

【0016】〔A-2〕測定ヘッドの概略構成の説明

【0017】図2は、測定ヘッド10の概略構成を示している。

【0018】測定ヘッド10は、直方体状で前方開口のケーシング11と、ケーシング11内に収納された1台のCCDカメラ12及びスリット光源13と、ケーシング11の上面に設けられた6つのLED光源14a～14fからなる測定ヘッドマーカ14とを備えている。スリット光源13としては、半導体レーザが用いられている。

【0019】測定ヘッドマーカ14を構成する6つのLED光源14a～14fは、測定ヘッド10の方向を特定するために、点対称な配置とせず、測定ヘッド10の中心線に対し線対称な配置となっている。ここでは、ケーシング11の上面にLED光源11b、11c、11d、11e、11fの5点が長方形をなすように配置され、それら5点の重心にLED光源11aが配置される。

【0020】なお、3次元空間中での測定ヘッド10の位置及び方向を測定するためには、測定ヘッドマーカとして少なくとも3個のLED光源があれば十分であるが、4個以上のLED光源を用いることにより、測定ヘッド10の位置及び方向の測定精度が最小2乗的に向上する。

【0021】測定ヘッド10は、図示しない支持機構によって、ガイドレール204に沿って移動可能に取り付けられている。また、測定ヘッド10は、ガイドレール204上における所定位置を基準とした測定ヘッド10の位置を検出するためのエンコーダ16を備えている。エンコーダ16の出力は、制御装置30に入力される。

【0022】〔A-3〕形状測定装置の測定原理の説明

【0023】図3は、形状測定装置の測定原理を示している。

【0024】測定者によってガイドレール204上を移動せしめられる測定ヘッド10を用いてある測定点Aの座標を測定する。測定された座標を測定ヘッド中心の座標系（以下、カメラ座標系という）における座標（ X_c , Y_c , Z_c ）で表す。この座標系は、測定ヘッド10の移動とともに移動する座標系である。

【0025】一方、被測定物100の形状は、固定した座標系で表され、この座標系をワールド座標と呼ぶ。測定ヘッド10によって測定された測定点のワールド座標系における座標を（ X_w , Y_w , Z_w ）とする。被測定物100の形状はワールド座標系で記述するため、測定ヘッド10によって測定された測定点Aの測定ヘッド中心の座標系における座標（ X_c , Y_c , Z_c ）を、ワールド座標系に変換する。この変換は、測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtとを用いて、次の数式1に基づいて行われる。

c) を、ワールド座標系に変換する。この変換は、測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtとを用いて、次の数式1に基づいて行われる。

【0026】

【数1】

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = R \cdot \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} + t$$

【0027】したがって、ワールド座標系における測定ヘッド10の位置及び方向を、回転行列Rと並進ベクトルtとして求めることで、測定ヘッド中心の座標系における座標（ X_c , Y_c , Z_c ）を、ワールド座標系の座標（ X_w , Y_w , Z_w ）に変換することができる。

【0028】〔A-4〕形状測定装置による形状測定処理手順の説明

【0029】この形状測定装置による形状測定は、次のような処理手順によって実行される。

【0030】まず、実際の形状測定を行う前に、事前処理を行う。

【0031】（1）第1ステップ（事前処理）：ワールド座標系における測定ヘッド10の各測定位置に関する情報を、測定ヘッド10の各測定位置におけるエンコーダ16の出力値と対応付けて、制御装置30に搭載されたメモリ（図示省略）に格納する。

【0032】事前処理の後に以下の第2ステップおよび第3ステップからなる形状測定処理を行なう。形状測定処理は、ステレオカメラ21、22を支持する支柱202を測定台201から取り外して行なうことができる。

【0033】（2）第2ステップ：ステレオカメラ21、22を支持する支柱202を測定台201から取り外した後、測定ヘッド10を用いて、カメラ座標系における被測定物100上の測定点の座標を求める。

【0034】（3）第3ステップ：ワールド座標系における測定ヘッド10の位置に関する情報に基づいて、カメラ座標系における被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系における座標に変換する。

【0035】以下、これら各ステップについて説明する。

【0036】〔A-5〕第1ステップの説明

【0037】図4は、第1ステップの処理手順を説明するフローチャートである。

【0038】まず、測定ヘッド10をガイドレール204の基準位置に配置して（ステップ1）、その位置におけるエンコーダ16の出力値を制御装置30のメモリに格納する（ステップ2）。

【0039】次に、測定ヘッド10に設けられたマーカ14のワールド座標系における座標を、ステレオカメラ21、22によって測定する。この位置測定方法は、ステレオ法としてよく知られているため、その説明を省略

する(ステップ3)。

【0040】次に、マーカ14を構成する各LED光源14a~14fのカメラ座標系の座標をそれぞれ(X_{ci} , Y_{ci} , Z_{ci})とし、また、ステレオカメラ21、22によって測定された各LED光源14a~14fの世界座標系における座標をそれぞれ(X_{wi} , Y_{wi} , Z_{wi})とする。但し、 i は、1、2...6である。各LED光源14a~14fのカメラ座標系の各座標(X_{ci} , Y_{ci} , Z_{ci})は、既知である。

【0041】測定ヘッド10の移動を表す回転行列 R と並進ベクトル t を、次の数式2を満足する行列 R とベクトル t として求める(ステップ4)。そして、求めた行列 R とベクトル t とを、先にメモリに格納しておいたエンコーダ16の出力値と対応付けてメモリに格納する(ステップ5)。

【0042】

【数2】

$$\min \sum_i [(X_{wi} - X_{ci})^2 + (Y_{wi} - Y_{ci})^2 + (Z_{wi} - Z_{ci})^2]$$

here

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} + t$$

【0043】そして、測定ヘッド10をガイドレール204に沿って移動させ、全ての測定位置について上述したステップ2~5の処理を繰り返す(ステップ6、7)。これにより、エンコーダ16の出力値とその位置における回転行列 R 及び並進ベクトル t を対応付けたテーブルデータが生成され、制御装置30のメモリに格納される。

【0044】〔A-6〕第2ステップについての説明

【0045】図5は測定ヘッド10による測定点の位置測定方法を示している。

【0046】図5に示すように、カメラ座標系とは、CCDカメラ12の光学中心を原点とし、光軸方向を Z_c 軸、CCDカメラ12の水平方向を X_c 軸、CCDカメラ12の垂直方向を Y_c 軸とする座標系である。CCDカメラ12の画像面 S は、原点から焦点距離 f の位置に存在する。つまり、画像面 S は、 $X_c - Y_c$ 平面に平行でかつ $Z_c = f$ である平面である。

【0047】測定ヘッド10による位置計測方法自体は、光切断法と呼ばれる公知の測定方法である。被測定物100の表面上におけるスリット光源13からのスリット光が照射されている線上の所定の点を測定点Aとする。

【0048】この測定点Aのカメラ座標系での座標を(X_c , Y_c , Z_c)とし、画像面 S 上での測定点Aに対応する観察点A'の座標を(X_s , Y_s , f)とし、スリット光を表す平面の方程式を $A_L X_c + B_L Y_c + C_L Z_c + D_L = 0$ とする。観察点A'の座標(X_s ,

Y_s , f)における f は、CCDカメラ12の焦点距離として既知であり、(X_s , Y_s)は画像面で観察されるスリット光の画素位置から求められる。

【0049】スリット光を表す平面の方程式は測定ヘッド10の校正によって求められている。したがって、 X_c , Y_c , Z_c , α を未知数とする次の数式3で表される連立方程式を解くことにより、(X_c , Y_c , Z_c)が求められる。

【0050】

【数3】

$$A_L X_c + B_L Y_c + C_L Z_c + D_L = 0$$

$$X_c = \alpha \cdot X_s$$

$$Y_c = \alpha \cdot Y_s$$

$$Z_c = \alpha \cdot f$$

【0051】この処理は、CCDカメラ12の出力に基づいて、制御装置30によって行われる。

【0052】〔7〕第3ステップについての説明

【0053】第3ステップでは、まず、エンコーダ16の出力に基づいて、制御装置30のメモリから対応する回転行列 R と並進ベクトル t が読み出される。

【0054】次に、得られた回転行列 R と並進ベクトル t とに基づいて、第3ステップで求めたカメラ座標系における足100上の測定点の座標(X_c , Y_c , Z_c)を、ワールド座標系の座標(X_w , Y_w , Z_w)に変換する。

【0055】そして、測定ヘッド10をガイドレール204に沿って移動させながら、ガイドレール204上における全ての観察位置について、第2ステップ及び第4ステップの処理を繰り返すことにより、その都度得られる測定点のワールド座標系における座標(X_w , Y_w , Z_w)の集合として、足100の形状が求められる。

【0056】なお、求められた足の3次元形状は、図6に示すように、足の3次元形状に沿った複数の曲線によって制御装置30のモニタ上に表示される。上記形状測定装置では、足の3次元形状を表す各曲線は、第2ステップによってその曲線に対応するスリット光が検出された際の、当該スリット光の輝度に応じて色を変えてカラー表示される。また、足の3次元形状を表す各曲線の幅は、第2ステップによってその曲線に対応するスリット光が検出された際の、当該スリット光の幅に応じた幅で表示される。

【0057】〔B〕被測定物の所定箇所を表示させるためのマーカ(以下、部位特定用マーカという)についての説明

【0058】従来技術において説明したように、足形状に応じた靴を製造する際には、アーチ高、足の甲位置等を測定する必要がある。アーチ高は、たとえば、足が置かれた床面から舟状骨(Navicular)までの高さとして計測される。足の甲位置は、たとえば、足が置かれた床

面から第1楔状骨（Cuneiform）までの高さとして計測される。

【0059】したがって、形状測定結果からアーチ高、足の甲位置等を測定するためには、舟状骨、第1楔状骨等の位置が、足の3次元形状が表示された画像上で認識できるようにする必要がある。

【0060】そこで、被測定物である足の舟状骨、第1楔状骨等の位置に、部位特定用マーカを貼った状態で、形状測定を行なうことが考えられる。部位特定用マーカとして、シート状の円形マーカを用いる場合を想定する。

【0061】形状測定を行なう場合には、被測定物の足に靴下を履いた状態で行なう場合と、靴下を履かずに行なう場合とがある。いずれにしても、部位特定用マーカの色が1色である場合には、地の色（肌色または靴下の色）と同じであれば、部位特定用マーカが抽出されないという問題がある。また、マーカの色として、測定ヘッド10から照射されるスリット光を吸収するような濃い色を用いた場合には、マーカが抽出されないという問題がある。

【0062】そこで、この実施の形態では、以下のようない部位特定用マーカを使用することにする。

【0063】〔B-1〕第1の部位特定用マーカの具体例についての説明

【0064】図7および図8は、第1の部位特定用マーカ300を示している。

【0065】この部位特定用マーカ300は、円形のシート状であり、中央部の円形領域300aと、円形領域300aの周囲の環状領域300bとからなる。円形領域300aの外側面には、スリット光を反射する色が塗られている。環状領域300bの外側面には、スリット光を吸収する色が塗られている。部位特定用マーカ300の内側面には、足にマーカを貼着できるように貼着部材が塗布されている。

【0066】図6の曲線のピッチ（計測ピッチ）を4.2mmとすると、部位特定用マーカ300の直径は、たとえば、15mmに、円形領域300aの直径は例えば、8mmに設定される。

【0067】測定ヘッド10から照射されるスリット光が、たとえば、赤色レーザ光である場合には、円形領域300aの外側面には、赤色レーザ光を反射する色、たとえば、白色、赤色等が塗られる。また、環状部300bの外側面には、赤色レーザ光を吸収する色、たとえば、青、黒等が塗られる。

【0068】したがって、測定ヘッド10から照射されるスリット光が、たとえば、赤色レーザ光である場合には、円形領域300aの外側面の色と環状部300bの外側面の色の組み合わせとしては、以下のような組み合わせがある。

【0069】（1）円形領域300aの外側面の色が白

で、環状部300bの外側面の色が黒

（2）円形領域300aの外側面の色が白で、環状部300bの外側面の色が青

（3）円形領域300aの外側面の色が赤で、環状部300bの外側面の色が黒

（4）円形領域300aの外側面の色が赤で、環状部300bの外側面の色が青

【0070】このように、中央部（円形領域300a）の外側面にスリット光を反射する色が塗られ、周囲部（環状領域300b）の外側面にスリット光を吸収する色が塗られた部位特定用マーカを用いると、周囲部（環状領域300b）は形状測定時において抽出されず、中央部（円形領域300a）は形状測定時において抽出されるので、測定結果の表示画面上で、部位特定用マーカの中央部（円形領域300a）と周囲部（環状領域300b）との境界が認識できるようになる。このため、測定結果の表示画面上で部位特定用マーカの位置、つまり、特定部位の位置を検出することが可能となる。

【0071】〔B-2〕第2の部位特定用マーカの具体例についての説明

【0072】被測定物である特定の部位（舟状骨、第1楔状骨等）に部位特定用マーカを正確に貼るためには、つまり、部位特定用マーカの中心が特定の部位の真上に位置するように貼るためには、部位特定用マーカを小さくすることが好ましいが、計測ピッチ等の関係で、部位特定用マーカを小さくすることは困難である。

【0073】第2の部位特定用マーカは、特定の部位に部位特定用マーカを正確に貼るための工夫が施されている。つまり、第2の部位特定用マーカ301は、図9および図10に示すように、第1の部位特定用マーカ300と同様なマーカの中央部（円形領域300a）の中心部に、指の触覚で認識できるような孔300cが形成されている。

【0074】〔B-3〕第3の部位特定用マーカの具体例についての説明

【0075】図11および図12は、第3の部位特定用マーカ302を示している。第3の部位特定用マーカ302においても、第2の部位特定用マーカ301と同様に、特定の部位に部位特定用マーカを正確に貼るための工夫が施されている。つまり、第3の部位特定用マーカ302は、第1の部位特定用マーカ300と同様なマーカの中央部（円形領域300a）の中心部に、指の触覚で認識できるような突起300dが形成されている。この突起300dは、たとえば、点字を形成する際に用いられるエンボス加工によって形成される。

【0076】〔B-4〕第4の部位特定用マーカの具体例についての説明

【0077】図13および図14は、第4の部位特定用マーカ303を示している。

【0078】第4の部位特定用マーカ303は、第3の

部位特定用マーカ 302 の突起 300d の代わりに、マーカの中央部（円形領域 300a）の中心部に、指の触覚で認識できるような突起部材 300e が固着されている。

【0079】

【発明の効果】この発明によれば、被測定物の 3 次元形状を光切断法によって測定した際に、被測定物の特定の部位の位置をも検出することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】形状測定装置の外観を表す斜視図である。

【図 2】測定ヘッドを示す斜視図である。

【図 3】測定原理を説明する説明図である。

【図 4】第 1 ステップにおける処理手順を説明するフローチャートである。

【図 5】測定ヘッドによる測定点の位置測定方法を説明する説明図である。

【図 6】形状測定装置によって得られた足の 3 次元形状の表示例を示す模式図である。

【図 7】第 1 の部位特定用マーカ 300 を示す平面図である。

【図 8】第 1 の部位特定用マーカ 300 を示す側面図である。

【図 9】第 2 の部位特定用マーカ 301 を示す平面図である。

【図 10】図 9 の X-X 線に沿う断面図である。

【図 11】第 3 の部位特定用マーカ 302 を示す平面図である。

【図 12】図 11 の XII -XII に沿う断面図である。

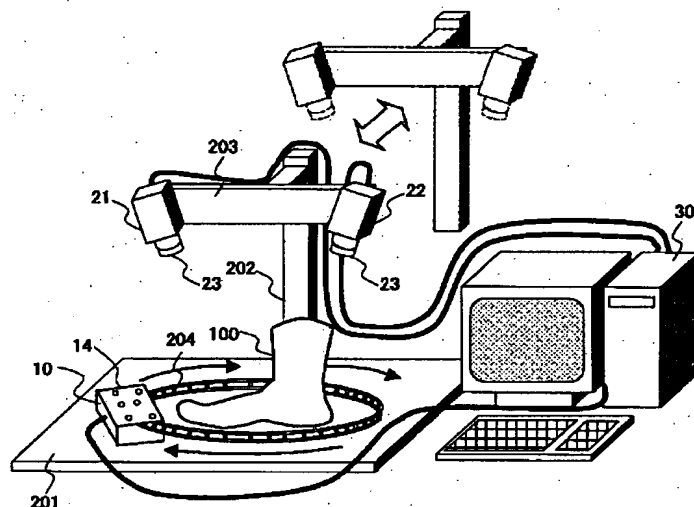
【図 13】第 4 の部位特定用マーカ 303 を示す平面図である。

【図 14】第 4 の部位特定用マーカ 303 を示す側面図である。

【符号の説明】

- 10 測定ヘッド
- 12 CCDカメラ
- 13 スリット光源
- 14 マーカ
- 16 エンコーダ
- 21 ステレオカメラ
- 22 ステレオカメラ
- 201 測定台
- 204 ガイドレール
- 300、301、302、303 部位特定用マーカ
- 300a 円形領域
- 300b 環状領域
- 300c 孔
- 300d 突起
- 300e 突起部材

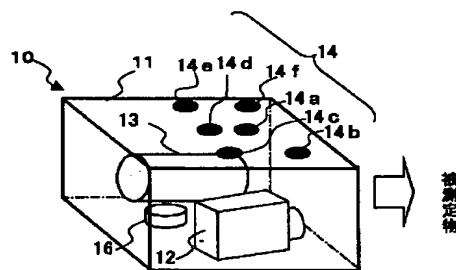
【図 1】



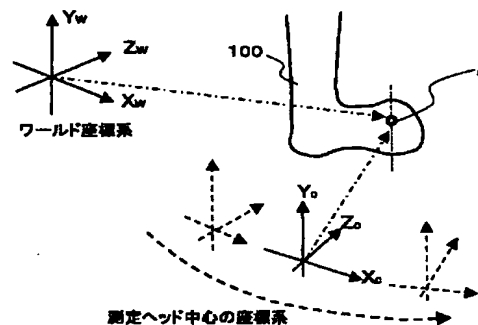
【図 8】



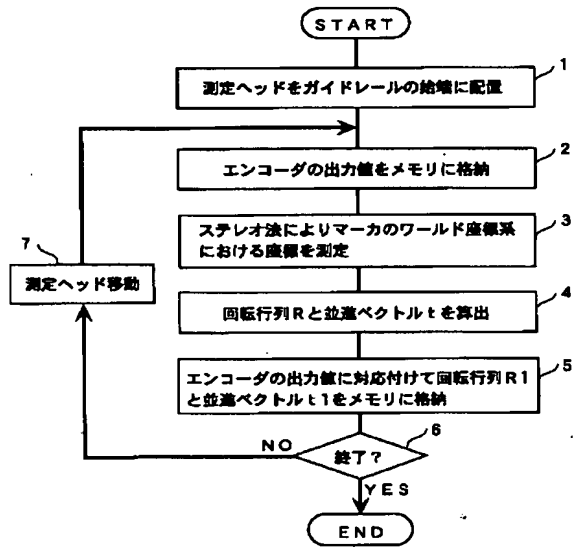
【図 2】



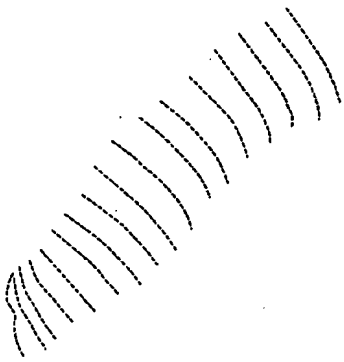
【図 3】



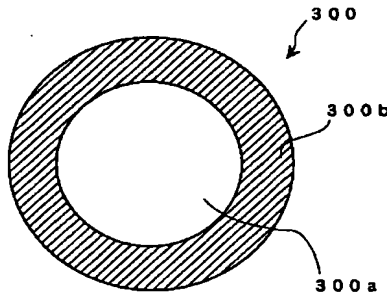
【図4】



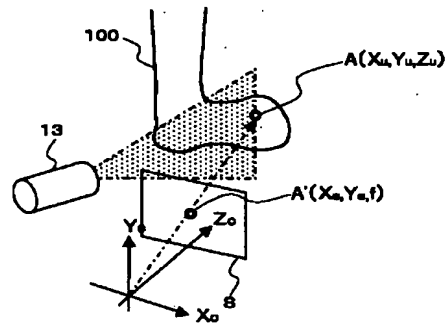
【図6】



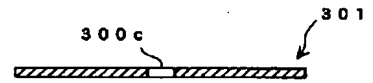
【図7】



【図5】



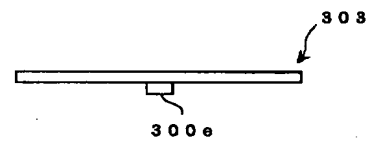
【図10】



【図12】

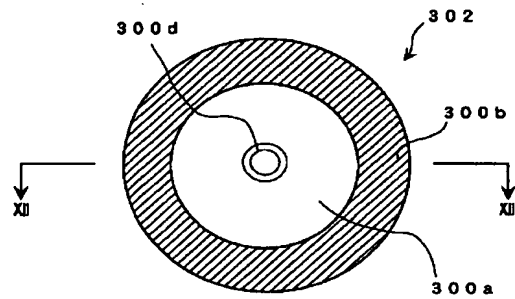
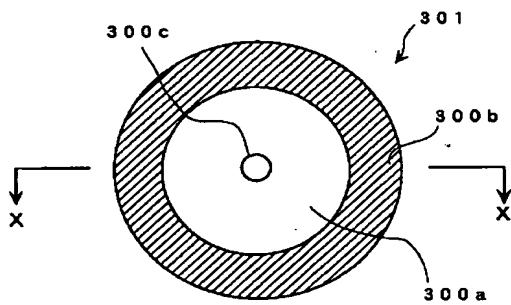


【図14】

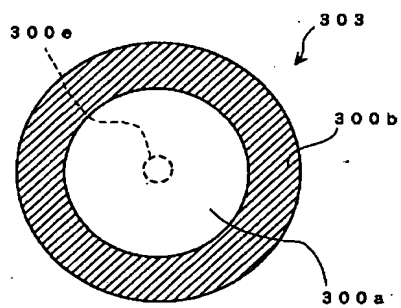


【図11】

【図9】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 博明
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内
(72)発明者 福本 晋平
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA53 BB28 CC16 FF01 FF02
FF05 FF09 FF15 FF46 GG06
GG07 GG25 HH05 JJ03 JJ05
JJ26 MM09 QQ23 SS13
4F050 AA01 AA06 LA01 NA88